



(19)

(11) Publication number: 10038561 A

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 08191869

(51) Intl. G01C 3/06 B60R 21/00 G01B 11/00 G06T
Cl.: 1/00

(22) Application date: 22.07.96

(30) Priority:

(43) Date of application publication: 13.02.98

(84) Designated contracting states:

(71)

Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor: SHIOBARA MORIHITO

(74)

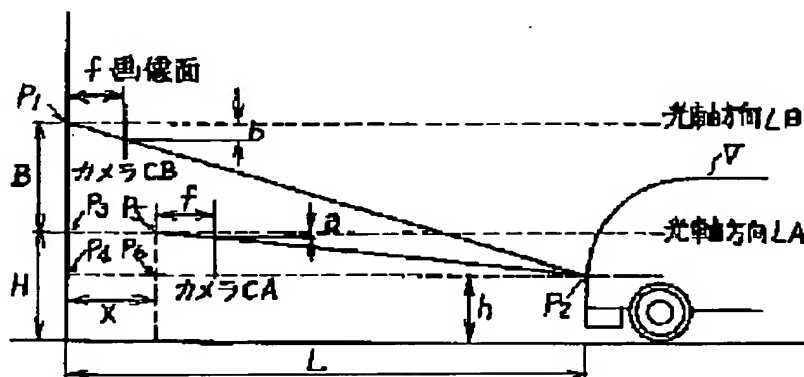
Representative:

(54) DEVICE FOR
MEASURING DISTANCE
TO FRONT CAR

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to set a large base line (vertical distance) to be able to accurately measure the distance to a front car by arranging a plurality of cameras for photographing an image of a frontward car separately in the vertical direction and horizontal direction.

SOLUTION: Cameras CA, CB are arranged separately in the vertical direction by a base line B, and further rare positioned separately in the horizontal direction by an undercut X(m). In this case, if focus distances of the cameras CA, CB are f(m) and resolution (vertical) is F and an arrangement height of the camera CA is H(m), distance L to a front car V can be measured accurately by an equation $L = fB - Fa.X(Fb - Fa)$ (however, Fa and Fb are positions of front cars V on image faces of the cameras CA, CB). Thereby, as even a compact car can secure a large base line B, one camera CB can be arranged above a room mirror and the other camera CA can be arranged above a dashboard.



COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-38561

(43)公開日 平成10年(1998) 2月13日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 C 3/06			G 0 1 C 3/06	V
B 6 0 R 21/00	6 2 0		B 6 0 R 21/00	6 2 0 C
				6 2 0 Z
G 0 1 B 11/00			G 0 1 B 11/00	H
G 0 6 T 1/00			G 0 6 F 15/62	3 8 0
審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 12 頁)				

(21)出願番号 特願平8-191869

(22)出願日 平成8年(1996) 7月22日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 塩原 守人

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 山谷 皓榮 (外1名)

(54)【発明の名称】 前方車間距離計測装置

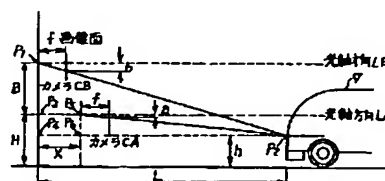
(57)【要約】 (修正有)

【課題】縦方向に配置された複数のカメラにより、前方走行物を撮影して走行物との車間距離を正確に計測する装置を提供すること。

【解決手段】カメラCA、カメラCBの焦点距離をfとし、解像度をFとし、前方走行物の画像面での位置をa(ピクセル)、b(ピクセル)とし、カメラCA、CB間の垂直方向の距離をBとし、水平方向の距離をXとしたとき、走行物までの距離Lを下記の式で計測。

$$L = \frac{f B - F a \cdot X}{F b - F a}$$

本発明の原理図



【特許請求の範囲】

【請求項1】高さの異なる位置に設けられ、前方車の画像撮影を行う複数のカメラを具備した前方車間距離計測装置において、

カメラの撮影画像から水平エッジを抽出する水平エッジ抽出手段と、

抽出された水平エッジの強度の累積値を撮影画像の垂直軸に投影されたヒストグラムとして作成する水平エッジヒストグラム生成手段と、

作成されたヒストグラムより両カメラの垂直軸の視点を対応するヒストグラム対応手段と、

このヒストグラム対応手段から伝達された対応する視点の垂直軸上の位置と、カメラの垂直方向の位置の差であるベースラインと、カメラの水平方向の位置の差である段差等に基づき前方車との距離を算出する計算手段を具備したことを特徴とする前方車間距離計測装置。

【請求項2】前記カメラの光軸を地面に対してそれぞれ平行になるように配置したことを特徴とする請求項1記載の前方車間距離計測装置。

【請求項3】高さの異なる位置に設けられ、前方車の画像撮影を行う複数のカメラを具備した前方車間距離計測装置において、

カメラの撮影画像からそのカメラの傾き角を抽出するカメラ傾き抽出手段と、

カメラの撮影画像から水平エッジを抽出する水平エッジ抽出手段と、

抽出された水平エッジの強度の累積値を撮影画像の垂直軸に投影されたヒストグラムとして作成する水平エッジヒストグラム生成手段と、

作成されたヒストグラムより両カメラの垂直軸の視点を対応するヒストグラム対応手段と、

前記カメラ傾き抽出手段から伝達されたカメラの傾きと、前記ヒストグラム対応手段から伝達された対応するヒストグラムのそれぞれの垂直軸上の位置と、カメラの垂直方向の位置の差であるベースラインと、カメラの水平方向の位置の差である段差等に基づき前方車との距離を算出する計算手段を具備したことを特徴とする前方車間距離計測装置。

【請求項4】前記カメラ傾き抽出手段は、カメラの撮影画像から左右の車線の消失点の位置を求め、画像の中心水平線とこの消失点との位置の差よりカメラの傾きを演算することを特徴とする請求項3記載の前方車間距離計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は上下2台のカメラで前方を走行する自動車等の走行物を撮影してその走行物との車間距離を計測するものに関する。

【0002】

【従来の技術】高速道路で走行中に車両運転者が疲労し

たとき、前方車への追突を未然に防止することが要望される。また道路が渋滞しているとき、前方車との車間距離を自動的に計測し、追突を防止することがこれまた要望されている。

【0003】近年ABS（アンチロック・ブレーキ・システム）やエアバック等のユーザの安全確保を目的とした装備が自動車に実装されるようになったが、これらの装備は事故が起きた時での安全を考慮したものにならず、事故の発生を未然に防止するものではない。

【0004】一方、事故を未然に防ぐ技術としては、人間の視覚機能を代替する技術として画像処理技術を使った運転支援手段が脚光を浴びている。その中でも超音波やレーダ等のセンサーでは渋滞時での前方車間距離計測について計測誤差が大きいと、このような渋滞時での前方車間距離計測は、画像処理技術による方法が有効である。

【0005】この画像処理による前方車間距離計測では、2台のカメラから前方車の視差を求め、三角測量の原理で前方車間を計測するステレオ法が主流であるが、特許出願人は先に特願平7-83816号としてカメラを縦に設置するステレオ法による計測装置を出願した。

【0006】カメラを横に設置するステレオ法は、カメラを縦に設置するステレオ法に比較して下記の点で劣っている。

1. カメラを横に設置したステレオ方式の場合は、車の垂直エッジを指標にしている。カメラを横に設置したとき水平エッジを指標にすると奥行き方向の距離が得られない。しかも、図13（A）に太線で示す車の水平エッジに比較して、同図（B）に太線で示す垂直エッジは数が少ないだけでなく、長さが短い。水平エッジの数に比較して数が少ないのみならず、エッジの長さが短いので、横方向にぶれたときや、車が陰に入ったとき等の環境変化で抽出できない確率が3倍以上になる。これは垂直エッジ長がリアウインドウの横のエッジとか、バンパーのエッジ等の水平エッジの長さの1/3以下しかないので、従って水平エッジを利用するため、カメラを縦に位置することが必要となる。

【0007】2. カメラを横に設置した場合、車間距離は垂直エッジにより得られるが、その高さが正確に出ない。カメラを縦に配置したときは、指標に対する高さや距離が正確に出る。高さが正確に測定できると、路面に文字等が記入されていても、その高さにより路面に近いものを除くことができる。すなわち路面のマークや影を取り除くことが出来る。

【0008】3. 前方に、例えば2台の車があり、これらが重なって見える場合、一番手前の車を検出しようとしたとき、2台の車が重なって途切れがないため、どこまでが手前の車が半断できないまま距離を算出することになる。このため2台の車が重なって見えたとき、どちらが手前の車を識別するアルゴリズムと組み合わせる

ことが必要となるため、手前の車の検出の高速化ができない。これに対してカメラを縦に配置したとき、水平エッジにより計測を行うので、車が重なった場合でも、一番手前の水平エッジからチェックすることにより、もっとも近い車のものより計測することになり、分離するためのアルゴリズムが不要となるので、その計測を高速で行うことができる。

【0009】このように前記の縦配置ステレオ方式では、従来の横配置ステレオ方式に比較して優れている。次にこの縦配置のステレオ方式について図14に基づき説明する。図14において、前方の車Vを、その後方の車において縦方向に配置したカメラCA、CBで撮像し、その距離L(m)を求めるものである。ここでカメラCA、CBの焦点距離をf(m)とし、各カメラの解像度(縦)をF(m/pixel)とし、カメラCBの高さをH(m)とし、カメラCA、CB間の垂直距離つまりベースラインをB(m)とし、車Vの高さh(m)に位置した水平エッジの1点をP₂とし、カメラCAの光軸をLAとし、カメラCBの光軸をLBとし、点P₁、P₃、P₄を図14に示したものとすると、三

角形P₁、P₂、P₄により下記(1)式が成立する。

$$f : Fb = L : (H+B) - h \quad \dots (1)$$

また三角形P₃、P₂、P₄により下記(2)式が成立する。

$$f : Fa = L : (H-h) \quad \dots (2)$$

(1)式より

【0011】

【数1】

$$L = \frac{fB + f(H-h)}{Fb}$$

【0012】が得られ、(2)式より f(H-h) = LFa が得られるので、下記の(3)式により距離Lが得られる。

【0013】

【数2】

$$L = \frac{fB}{F(b-a)} \quad \dots (3)$$

【0014】

【発明が解決しようとする課題】前記の如く、縦ステレオ方式は従来の横ステレオ方式よりも優れているが、唯一問題となるのは、図14におけるカメラ間の距離、即ち、縦方向に配置したときのカメラ間の距離であるベースラインBの長さが十分確保できないことである。

【0015】前記(3)式からも明かなように、このベースラインの長さは計測誤差に大きく影響し、例えば20m先の前方車までの距離を誤差/m以内で計測するには、少なくともベースラインBは20cmは必要である。

【0016】横ステレオ方式では、この長さはフロント

ガラス上部に確保できるが、縦ステレオ方式では、フロントガラス上部のルームミラーを挟む5cm程度の長さしか確保できないという問題点がある。従って、本発明の目的は、このベースラインBの長さを十分に確保できる縦ステレオ方式の前方車間距離計測装置を提供することである。

【0017】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明では、図1に示す如く、カメラCAとカメラCBを垂直方向にベースラインBだけ離して配置するとともに、水平方向にも段差X(m)だけ離して位置させる。これにより一方のカメラBを例えばルームミラー上部に設置し、他方のカメラCBをダッシュボード上に設置することができる。これにより運転者の邪魔にならずに、小型車でも25cm以上の長いベースラインBを確保できる。

【0018】この配置により、下記の如く、前方の車Vとの距離L(m)を求めることが出来る。図1において、三角形P₁、P₂、P₄により前記(1)式が成立し、(1)式より下記の(4)式が得られる。

【0019】

$$f(H-h) = L \cdot Fb - fB \quad \dots (4)$$

また三角形P₅、P₂、P₆により下記の(5)式が得られる。

$$f : Fa = (L-X) : (H-h) \quad \dots (5)$$

(5)式より

$$f(H-h) = Fa(L-X) \quad \dots (6)$$

が得られ、この(6)式に(4)式の f(H-h) = L · Fb - fB を代入して(7)式を得る。

【0020】

$$L \cdot Fb - fB = Fa(L-x) \quad \dots (7)$$

これにより下記(8)式により前車との距離Lが得られる。

【0021】

【数3】

$$L = \frac{fB - Fa \cdot X}{Fa - Fa} \quad \dots (8)$$

【0022】このようにして、カメラCAとカメラCBの位置を垂直方向に離して配置するのみでなく、さらに水平方向にも離して位置しても、前車との距離を計測することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施の形態を図2～図7に基づき説明する。図2は本発明に基づく2台のカメラの設置状態説明図、図3は本発明の第1の実施の形態図、図4は自車レーン検出状態説明図、図5はエッジオペレータ及び走査状態説明図、図6は水平エッジヒストグラム生成部動作説明図、図7はヒストグラム対応部動作説明図である。

【0024】図2に示す如く、本発明においては、2台

5

のカメラCA、CBを設置するとき、カメラCAはダッシュボードDB上に設置し、他のカメラCBはルームミラーRMの上部に設置する。なお図2においてHはハンドル、FWはフロントウインドウである。カメラCA、CBはその焦点距離、画角等の特性が同一のものを使用し、カメラCAの光軸LAと、カメラCBの光軸LBとはいずれも地面に平行になるように設置する。

【0025】また図3において、1はカメラ部、2-0、2-1は水平エッジ抽出部、3-0、3-1は自車レーン検出保持部、4-0、4-1は水平エッジヒストグラム生成部、5はヒストグラム対応部、6は距離計算部である。

【0026】カメラ部1は前方車との距離を計測するため、前方の車等の画像を撮影するカメラCA、CBにより構成されるものであって、図2に示す如く、カメラCA、CBは縦段差設置されている。

【0027】水平エッジ抽出部2-0は、カメラCBの撮影した画像を自車レーン検出用エッジオペレータあるいは水平エッジ抽出用エッジオペレータで走査するものである。同様に水平エッジ抽出部2-1はカメラCAの撮影した画像を自車レーン検出用のエッジオペレータあるいは水平エッジ抽出用のエッジオペレータで走査するものである。

【0028】自車レーン検出保持部3-0は、水平エッジ抽出部2-0においてカメラCBの撮影した画像を自車レーン検出用エッジオペレータで走査したデータに基づき、後述するように、自車レーンの画像領域を検出しこれを保持するものである。同様に自車レーン検出保持部3-1は、水平エッジ抽出部2-1においてカメラC

6

Aの撮影した画像を自車レーン検出用エッジオペレータで走査したデータに基づき自車レーンの画像領域を検出し、これを保持するものである。前記水平エッジ抽出部2-0、2-1において水平エッジ抽出用のエッジオペレータで走査する場合、自車レーン検出保持部3-0、3-1で保持された各自車レーン間を走査する。

【0029】水平エッジヒストグラム生成部4-0は、水平エッジ抽出部3-0において水平エッジ抽出用のエッジオペレータを走査して得られたエッジオペレータの出力値つまりエッジ強度を画像に垂直な軸に対して投影し、累積加算するものである。同様に水平エッジヒストグラム生成部4-1は、水平エッジ抽出部3-1において水平エッジ抽出用のエッジオペレータを走査して得られたエッジオペレータの出力値を画像に垂直な軸に対して投影し、累積加算してヒストグラムを作成するものである。

【0030】ヒストグラム対応部5は、水平エッジヒストグラム生成部4-0、4-1で作成した各ヒストグラムからエッジ強度の高いものをそれぞれ例えば10個抽出し、例えば画像下部より順にその強度差を求め、その差がある一定値以内のとき対応関係にあるものと判定する。

【0031】距離計算部6は、対応させたヒストグラムの位置から、前記(8)式に基づき車間距離Lを計算する。即ち(8)式において、f、F、Xは既知であり、対応させたヒストグラムの位置からa、bを求めることにより、前記(8)式の演算を行い車間距離Lを計算する。

【0032】

Fb

f

なおこの場合、これらa、bを使って式 $h = B + H - \frac{Fb}{f} \cdot L$ によりその

画像の地面からの高さhを計算つまり路面上のものか否かが判断できるので、路面上のものについては距離計算は行わず、次の対応したヒストグラムにもとづき車間距離計算を行う。

【0033】次に、図3における水平エッジ抽出部2-0、2-1～距離計算部6の動作について更に詳述する。例えばカメラCBにより撮影された、図4(A)に示す画像を例えば256階調でデジタル化してこれを保持し、先ず水平エッジ抽出部2-0により、図4

(B)に示す3×1ビットの自車レーン検出用のエッジオペレータEOにより、先ず予め定められた図4(A)の縦軸Y₁の位置の画像中央より左側に走査する。そしてエッジオペレータEOの演算値とその横軸の位置を順次自車レーン検出保持部3-0で保持し、画像の左端まで走査する。

【0034】自車レーン検出保持部3-0は、このようにして伝達されるエッジオペレータEOの値のうちより最大値を抽出し、その値が予め定められた閾値か否かを

チェックし、閾値以内のときその横軸方向の値X₁を保持する。もし最大値が閾値以上るとき、Y₁より少し上のY₁'の位置より同様の走査を行い、最大値が閾値以内の点のX₁'を得る。

【0035】次にY₁より予め定められた縦方向の距離だけ離れた、図4(A)の縦軸Y₂の位置の画像中央よりエッジオペレータEOを同様に左側に走査し、その最大値を抽出し、それが閾値以内のときその横軸方向の値X₂を保持し、もし最大値が閾値以上るとき、Y₂より少し上のY₂'の位置より同様の走査を行い、最大値が閾値以内の点のX₂'を得る。

【0036】それから自車レーン検出部3-0は、このように得られた(Y₁、X₁)、(Y₂、X₂)あるいは(Y₁'、X₁')、(Y₂'、X₂')等よりY₁軸、Y₂軸あるいはその近くの2つの点のX座標Y座標より左側の自車レーンLW₀を算出し、これを保持する。

【0037】同様にして図4(A)に示す画像に対し、

エッジオペレータE0を予め定められた縦軸Y₁の位置の画像中央より右側に走査し、エッジオペレータE0の演算値とその横軸の位置を順次自車レーン検出保持部3-0に送出し、右端まで走査したとき、その最大値が閾値以内か否かチェックし、閾値以内のときその最大値の横軸位置X₃とY₁を保持する。次にエッジオペレータE0を縦軸Y₂の位置の画像中央より右端まで走査して、その最大値が閾値以内か否かチェックし、閾値以内のときその最大値の横軸位置X₄とY₂を保持する。閾値を越えたとき、ΔYだけ縦位置を移動して、これを求める。

【0038】車線によっては、自車レーンLW₁₋₁とLW₁₋₂との間のように空隙が存在するが、このときは最大値が予め定めた値に達しないので、縦位置を大きく移動して自車レーンの検出を行う。このようにして得られた2点により、右側の自車レーンW₁を算出し、これを保持する。

【0039】水平エッジ抽出部2-1、自車レーン検出保持部3-1においても、カメラCAにより撮影された画像データに対し、同様の処理が行われ、左側の自車レーンと右側の自車レーンが得られる。

【0040】次に水平エッジ抽出部2-0は、図5(A)に示す如く、水平エッジ抽出用のエッジオペレータE1によりカメラCBで撮影された画像データのうち、前記自車レーン検出保持部3-0で保持されている左側の自車レーンと右側の自車レーンの間の、図5

(B)に示す車線領域AR内を走査する。

【0041】水平エッジ抽出用のエッジオペレータE1は、縦が「1」と「-1」の2ビット、横がnビット構成であり、例えばn=11ビットの2×11画素サイズである。水平エッジを検出するためには、横幅つまりnがある程度長い方が好ましい。n=11の場合、エッジオペレータE1の例えば上側の中央の画素のエッジ強度として、このエッジオペレータE1の各係数とその下の画像値との積の和をそのエッジオペレータE1の計算値つまりエッジ強度として、エッジオペレータE1の走査位置の縦位置とともに、走査毎に順次水平エッジヒストグラム生成部4-0に出力する。

【0042】これにより、図6に示す如く、画像データの左側の自車レーンLW₀と右側の自車レーンLW₁との間に水平エッジH0、H1、H2・・・が存在するとき、エッジオペレータE1により水平エッジH0を走査するとき、エッジオペレータE1からそのエッジオペレータの走査位置Y₀とともに、順次エッジ強度ES₀、ES₁・・・が出力される。そして水平エッジヒストグラム生成部4-0は、これらの出力を受けて、エッジ強度の累積値HS0を

$$HS0 = ES0 + ES1 + \dots$$

として算出し、画像データの縦軸位置Y₀に累積値HS0を記入したヒストグラムを作成する。

【0043】水平エッジ抽出部2-0は同様にして水平エッジH₁を走査したときその縦軸位置Y₁とエッジ強度を順次出力し、水平ヒストグラム生成部4-0はこれらの出力を受けて、画像データの縦軸位置Y₁に累積値HS1を記入したヒストグラムを作成する。このようにして、図6に示す如き水平エッジH0、H1、H2・・・に対応して、その水平エッジの縦軸位置Y₀、Y₁、Y₂・・・にエッジ強度の累積値HS0、HS1、HS2・・・が記入された水平エッジのヒストグラムが作成される。即ち、画像データに対して垂直な軸に、エッジ強度を投影し、累積加算したものを作成することができる。

【0044】カメラCAにより投影された画像データに対しても、水平エッジ抽出部2-1、自車レーン検出保持部3-1、水平エッジヒストグラム生成部4-1により、同様な制御が行われ、水平エッジのヒストグラムが作成される。

【0045】このようにして水平エッジヒストグラム生成部4-0及び4-1により作成されたヒストグラムの対応をヒストグラム対応部5が求める。まずヒストグラム対応部5は上の方に配置されたカメラCBによる画像に基づき、水平エッジヒストグラム生成部4-0で得られたエッジ強度のヒストグラムにおいてエッジ強度の高いものを例えば10個抽出する。図7の左側の図はそのうち下方位置から選択された5個を示す。同様に下の方に配置されたカメラCAによる画像にもとづき、水平エッジヒストグラム生成部4-1で得られたエッジ強度のヒストグラムにおいてエッジ強度の高いものを例えば10個抽出する。図7の右側の図はそのうち下方位置から選択された5個を示す。

【0046】それからヒストグラム対応部5は各ヒストグラムのうち、一番下から上に向かって順に対応させる。例えば図7において、エッジ強度HS0とhs0の各ヒストグラムを対応させそのエッジ強度差|HS0-hs0|を求め、これがある一定値HT以内か否かチェックする。一定値HT以内のとき、これらのヒストグラムは対応するもの、即ち同一水平エッジに対するものとして判別する。

【0047】対応するものと判断された各ヒストグラムは、それぞれの縦軸位置Y₀、y₀が距離計算部6に伝達される。縦軸位置Y₀は、図1のbに相当し、縦軸位置y₀は図1のaに相当するので、これにより前記

(8)式の演算を行い前車との距離Lが得られる。なおこれに先立ち、前記の如く、距離計算部6において、これらa、bに解像度Fを乗じて、これらのヒストグラムが路面上のものか否かを判断する。

【0048】本発明の第2の実施の形態を図8～図12に基づき説明する。図8は本発明の第2の実施の形態の説明図、図9はカメラが傾いて設置されているときの距離算出説明図、図10は本発明の第2の実施の形態の構

成図、図11はカメラの光軸が地面と水平のときの無限遠点（消失点）の画像上位置の説明図、図12はカメラが傾いた場合の消失点の位置と俯角の説明図である。

【0049】本発明の第2の実施の形態では、図8に示す如く、カメラCA、CBを設置するとき、それぞれの光軸LA、LBを地面と水平ではなく、俯角 α 、 β だけ傾けて設置した場合において、前方の車Vとの距離Lを求めるものである。

【0050】図9において、カメラCを俯角 α だけ傾斜
 $h' = H - L \tan \alpha - h$

$$A = h' \cos \alpha = (H - L \tan \alpha - h) \cdot \cos \alpha$$

$$L' = \frac{L}{\cos \alpha} + h' \sin \alpha$$

$$= \frac{L}{\cos \alpha} + (H - L \tan \alpha - h) \sin \alpha$$

$$= (H - h) \sin \alpha + L \cos \alpha$$

$$f : L' = aF : A$$

$$\therefore f (H - L \tan \alpha - h) \cos \alpha = aF \{ (H - h) \sin \alpha + L \cos \alpha \}$$

$$\therefore H - h = L \frac{f \tan \alpha + aF}{f - aF \tan \alpha} \quad \dots \dots (9)$$

【0052】図8に示す上方に配置されたカメラCBでは、図8より明らかな如く、前記(9)式のHをB+Hとし、 α を β とし、aをbとする。即ち、

$$\left. \begin{array}{l} H \rightarrow B + H \\ \alpha \rightarrow \beta \\ a \rightarrow b \end{array} \right\} \text{と置き換えると}$$

$$B + H - h = L \frac{f \tan \beta + bF}{f - bF \tan \beta}$$

$$\therefore H - h = L \frac{f \tan \beta + bF}{f - bF \tan \beta} - B \quad \dots \dots (10)$$

【0054】同様に図8に示す下方に配置されたカメラCAでは、前記(9)式のLをL-Xとする。即ち

$$L \rightarrow L - X \text{)と置き換えると}$$

$$H - h = (L - X) \frac{f \tan \alpha + aF}{f - aF \tan \alpha} \quad \dots \dots (11)$$

【0056】前記(10)式及び(11)式からH-hを相殺して、Lについて整理すると、

して取付け、地面よりhの高さにある物体との距離をLとしたとき、下記の式が成立する。図9において α はカメラCの傾き(rad)、HはカメラCの高さ(m)、fはカメラCの焦点距離(m)、LはカメラCと物体との距離(m)、aFは画像面での物体の位置(m)であり、ここでaは画像での位置(pixel)、Fは解像度(縦方向)(m/pixel)である。

【0051】

【数4】

【0053】

【数5】

【0055】

【数6】

【0057】

【数7】

$$\begin{aligned}
 & \text{11} \quad L \frac{f \tan \beta + b F}{f - b F \tan \beta} - B = (L - X) \frac{f \tan \alpha + a F}{f - a F \tan \alpha} \quad \text{12} \\
 & \therefore L = \frac{1}{\frac{f \tan \beta + b F}{f - b F \tan \beta} - \frac{f \tan \alpha + a F}{f - a F \tan \alpha}} \left\{ B - X \frac{f \tan \alpha + a F}{f - a F \tan \alpha} \right\}
 \end{aligned}$$

【0058】となる。さらに整理を進めると

【数8】

【0059】

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{(f - b F \tan \beta)(f - a F \tan \alpha) \left\{ B - X \frac{f \tan \alpha + a F}{f - a F \tan \alpha} \right\}}{(\tan \beta - \tan \alpha)(P a F b + f^2) + (F b - P a) f (1 + \tan \alpha \tan \beta)} \\
 &= \frac{\cos \alpha \cos \beta \{ (f - P b \tan \beta)(f - P a \tan \alpha) B - (f - P b \tan \beta)(f \tan \alpha + a F) X \}}{(F a F b + f^2) \sin (\beta - \alpha) + (F b - F a) f \cos (\beta - \alpha)} \\
 &= \frac{\cos \alpha \cos \beta (P b \tan \beta - f) \{ X(f \tan \alpha + P a) + B(P a \tan \alpha - f) \}}{(F a F b + f^2) \sin (\beta - \alpha) + (F b - F a) f \cos (\beta - \alpha)} \\
 &\quad \dots (12)
 \end{aligned}$$

【0060】となり、(12)式により前方の車Vとの距離Lを得る。このようにして、図8に示す如く、カメラCAとCBがそれぞれ地面に対して俯角 α 、 β だけ傾斜して設置されていても前方の車Vとの距離Lを計測することができる。この場合、カメラCA、CBは、その焦点距離、画角等の特性が同一のものを使用する。

【0061】このようにカメラCA、CBを傾斜して配置しても前方の車Vとの距離Lを測定可能とするため、本発明の第2の実施の形態では、図9に示す如く、構成される。図10において、10はカメラ部、11-0、11-1はカメラ傾き抽出部、12-0、12-1は水平エッジ抽出部、13-0、13-1は自転車レーン保持部、14-0、14-1は水平エッジヒストグラム生成部、15はヒストグラム対応部、16は距離計算部である。

【0062】カメラ部10は前車との距離を計測するため、前方との車等の画像を撮影するカメラCA、CBより構成されるものであって、図8に示す如く、カメラCA、CBは上下位置に垂直に、かつ横方向にはXだけ離れた縦段差設置され、しかもカメラCAは俯角 α で、カメラCBは俯角 β で水平方向に対してそれぞれ傾斜して設置されている。

【0063】カメラ傾き抽出部11-0は、カメラCBの俯角 β を算出したり、自転車レーンを算出するものである。先ず俯角の算出方法について説明する。図11に示す如く、カメラの光軸が地面と水平のとき、車線のような平行線を車線中央位置より撮影した画像に基づき数学的に車線の交点D0を求めると、画像の中心水平線上に位置する。車線は平行線のため、無限遠点で交叉するも

のとなる。この左側の自転車レーンと右側の自転車レーンの延長線による画像上の交差点を消失点という。

【0064】従って、カメラ傾き抽出部11-0は、カメラCBの撮影した画像をデジタル化したものを、例えば図4(B)に示す如き自転車レーン検出用エッジオペレータ、図5(A)に示す如きエッジオペレータを使用して、図12(A)に示す如く、走査線S0、S1、S2、S3・・・により白線探索のために水平走査する。この白線の探索は、画像の下半分の領域で行い、走査線S0、S1、S3の如く複数の点で水平方向に輝度が+になる点のうち、最大値とその次の点のものが左側あるいは右側の白線の位置になる。従って、右→左の水平方向に走査しても、あるいは中央から左方向又は右方向に走査する等の手法により、走査線S0に関しては白線LW0の左端位置P0及び白線LW1の右端位置P0'を求める。

【0065】このようにして走査線S1については白線LW0の左端位置P1及び白線LW1の右端位置P1'が求められ、走査線S3についても、白線LW0の左端位置P3及び白線LW1の右端位置P3'が求められる。しかし走査線S2については、白線LW0の左端位置P2は検出したものの、走査線S2は右端の車線については空白部分に存在するため白線LW1の右端位置は検出できない。

【0066】このようにして得られたP0、P1・・・あるいはP0'、P1'・・・を使用して、つまり中央から左の白線の点と、右の白線の点が2点以上抽出されたとき、それぞれ最小二乗法で直線近似し、図12(A)に示す如く、それぞれの直線の交点D1を求め、

13

求めた交点D₁と画像の中心水平線との垂直方向の長さdからカメラの傾きβを求める。

【0067】即ち、図12(B)において、カメラCBの焦点距離をf(m)、解像度をF(m/pixel)、傾斜したときの俯角をβ(rad)、光軸LBが

$$\tan \beta = \frac{Fd}{f}$$

$$\therefore \beta = \tan^{-1} \frac{Fd}{f}$$

【0069】このようにしてカメラ傾き抽出部11-0では、(13)式により俯角βを算出し、これを距離計算部16に送出する。このとき、前記の如く算出した白線LW₀及びLW₁を自車レーンとして、自車レーン保持部13-0に保持し、この白線LW₀及びLW₁の間の領域を水平エッジ抽出部12-0において、水平エッジを抽出するために、図5(A)に示すエッジオペレータE1により走査する領域とする。

【0070】カメラ傾き抽出部11-1は、カメラ傾き抽出部11-0と同様にしてカメラCAの俯角αを検出するものであり、これを距離計算部16に送出する。そしてこの俯角αを算出するときに得られた自車レーンを自車レーン保持部13-1で保持し、水平エッジ抽出部12-1において水平エッジを抽出するために、図5(A)に示すエッジオペレータE1により走査する領域とする。

【0071】水平エッジ抽出部12-0は、カメラCBの撮影した画像を、図5(A)に示す如き水平エッジ抽出用のエッジオペレータE1により、自車レーン保持部13-0により保持された領域を走査するものである。この場合、例えばn=11とする。

【0072】水平エッジ抽出部12-1は、カメラCAの撮影した画像を、同じく水平エッジ抽出用のエッジオペレータE1により、自車レーン保持部13-1により保持された領域を走査するものである。

【0073】水平エッジヒストグラム生成部14-0は、前記図3に示す水平エッジヒストグラム生成部4-0と同様に動作するものである。また水平エッジヒストグラム生成部14-1は、前記水平エッジヒストグラム生成部4-1と同様に動作するものである。

【0074】ヒストグラム対応部15は、前記ヒストグラム対応部5と同様に動作するものである。距離計算部16は、前記カメラ傾き抽出部11-0より伝達された俯角βと、カメラ傾き抽出部11-1より伝達された俯角αと、カメラCA、CBの焦点距離f、解像度F、ベースラインB、カメラCA、CBの水平方向の段差X、画像位置a、b等に基づき、前記(12)式の演算を行い、前方の車との距離Lを算出する。

【0075】即ち、車の運転者は、まず、車を運転して、自車レーンの撮影可能な状態になったとき、まず、

14

地面水平のときの光軸Lbとβだけ傾斜したとき焦点面における画像のズレをd(pixel)としたとき、次式が成立する。

【0068】

【数9】

.....(13)

自車レーンを抽出して、各カメラCA、CBの俯角α、βを演算し、それから水平エッジ抽出部12-0～距離計算部16を動作させ、前記の如く前方の車との距離Lを得ることが出来る。

【0076】本発明の前方車間距離計測装置によれば縦ステレオ方式の特徴を活かしつつ、カメラの実装の問題を解決することができる。またヒストグラムを縦軸に従って、つまり1次方向にアクセスすることにより、簡単に所望のデータを得て、演算できる。また運用時に車の振動などでカメラの傾きが変わっても、傾き角の測定を行い、次に車間距離を計測させることにより、このカメラの傾きの変化を補正して車間距離を正確に計測することが出来る。

【0077】

【発明の効果】請求項1に記載された本発明によれば、カメラを縦方向に位置をずらして配置するのみでなく、横方向にも位置を変えて配置することが出来るので、カメラを車に実装する場合に一台は例えばルームミラーの近くに設置し、他の一台をダッシュボード上に配置するなど、ベースラインの長さを大きくすることが可能となり、その結果車間距離を非常に正確に計測することが可能となった。

【0078】請求項2に記載された本発明によれば、各カメラの光軸を地面に水平になるように配置したので、車間距離を求めるための演算式が簡単になり、その結果ハード構成を簡単なものとする事が出来る。

【0079】請求項3に記載された本発明によれば、各カメラの光軸が斜めになっても車間距離を算出することが出来るので、実際の運用において、例えば振動のためカメラの取付角度が変わっても、この変化した角度に応じて車間距離を演算することが出来るので、カメラの傾きの変化に影響を受けることなく、車間距離を正しく計測することが出来る。

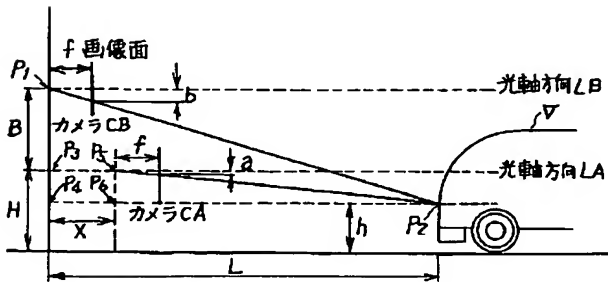
【0080】請求項4に記載された本発明によれば、各カメラの撮影したそれぞれの画像から消失点の位置を求めることにより、各カメラの傾きを計算できるので、非常に簡単な手法で、各カメラの傾きを求めることが出来、そのためカメラの傾きに変化があってもその補正を短時間で行うことが出来る。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の原理図を示す。
 【図2】本発明に基づく2台のカメラの設置状態説明図である。
 【図3】本発明の第1の実施の形態の構成図である。
 【図4】自車レーン検出状態説明図である。
 【図5】エッジオペレータ及びその走査状態説明図である。
 【図6】水平エッジヒストグラム生成部動作説明図である。
 【図7】ヒストグラム対応部動作説明図である。
 【図8】本発明の第2の実施の形態の説明図である。
 【図9】カメラが傾いているときの距離算出説明図である。
 【図10】本発明の第2の実施の形態の構成図である。
 【図11】カメラの光軸が地面と水平のときのデフォルトでの無限遠点の画像位置の説明図である。
 【図12】カメラが傾いた場合の無限遠点の位置と俯角

【図1】

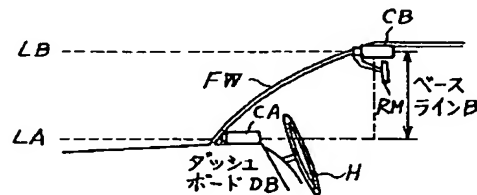
本発明の原理図



- 説明図である。
 【図13】車のエッジ説明図である。
 【図14】従来例説明図である。
 【符号の説明】
 1 カメラ部
 2-0、2-1 水平エッジ抽出部
 3-0、3-1 自車レーン検出保持部
 4-0、4-1 水平エッジヒストグラム生成部
 5 ヒストグラム対応部
 10 6 距離計算部
 10 カメラ部
 11-0、11-1 カメラ傾き抽出部
 12-0、12-1 水平エッジ抽出部
 13-0、13-1 自車レーン保持部
 14-0、14-1 水平エッジヒストグラム生成部
 15 ヒストグラム対応部
 16 距離計算部

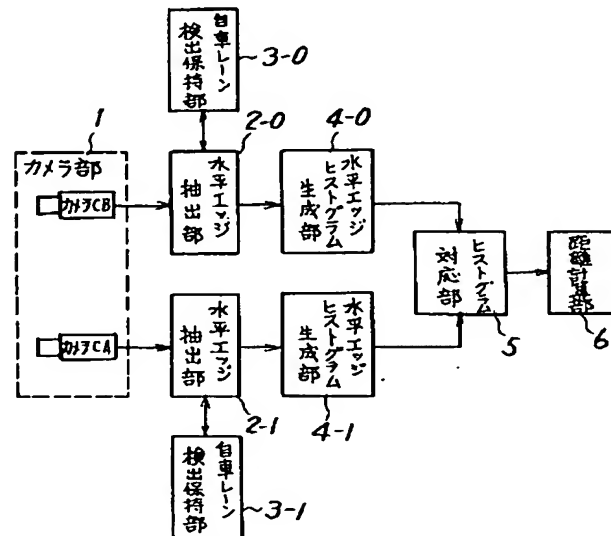
【図2】

本発明に基づくカメラ設置状態説明図



【図3】

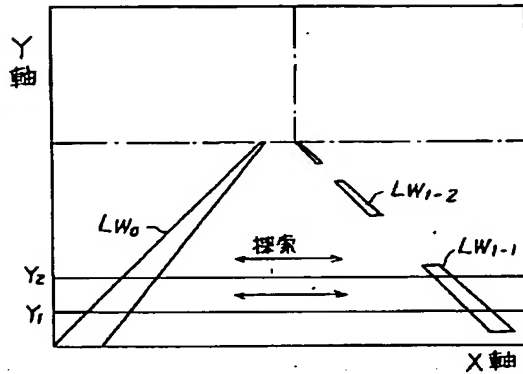
本発明の第1の実施の形態



【図4】

自転車レーン検出状態説明図

(A) カメラ画像



(B) 自転車レーン検出用エッジオペレータ

1	0	-1
---	---	----

E0

【図5】

エッジオペレータ及び走査状態説明図

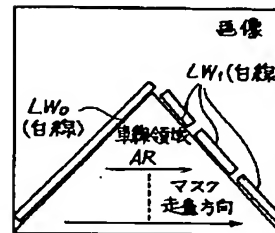
(A)

n画素				
1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1

E1

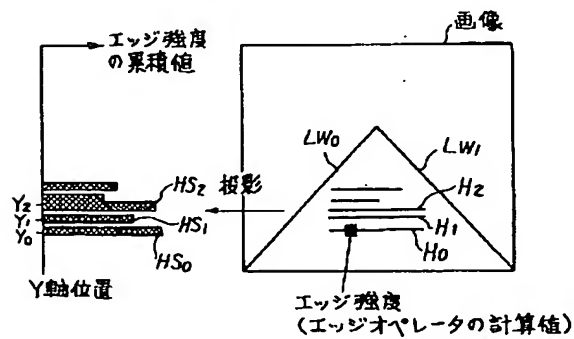
走査するエッジオペレータ

(B)



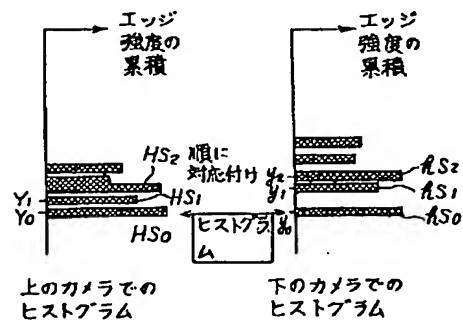
【図6】

水平エッジヒストグラム生成部動作説明図



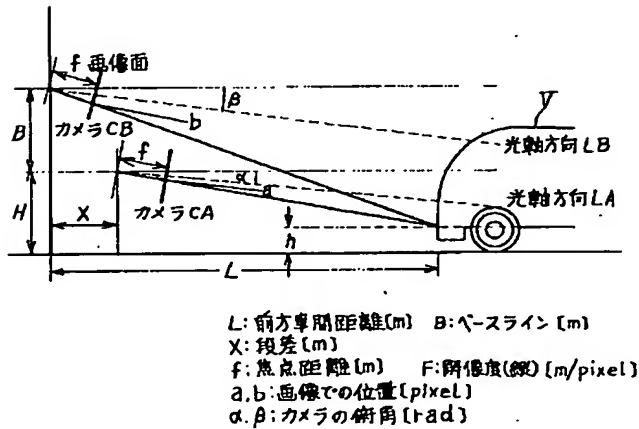
【図7】

ヒストグラム対応部動作説明図



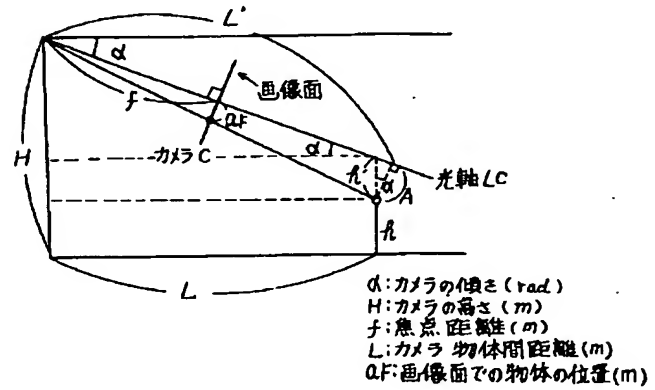
【図8】

本発明の第2の実施の形態説明図



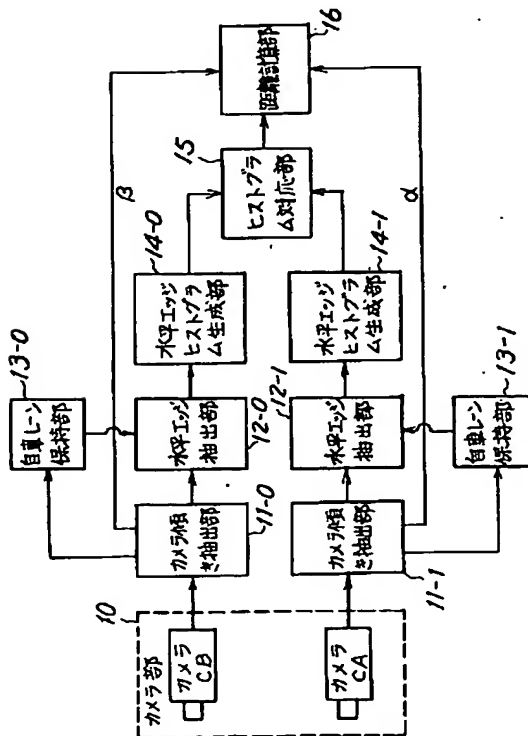
【図9】

カメラが傾いて設置されているときの距離算出説明図



【図10】

本発明の第2の実施の形態図



【図11】

カメラの光軸が地面と水平ときの無限遠点の位置説明図

